ERFA 2014 – Les installations solaires face aux intempéries

Yverdon, 04.11.2014

Comment concevoir et réaliser des installations solaires solides face aux intempéries ?

Frédéric Bichsel
EPFL en Génie Mécanique
eMBA en Management de Technologie

Dès 2010:
Directeur Solexis SA

2004-2009:
Responsable Dévelopement des Affaires chez VHF-Technologies SA (“Flexcell”)

1999-2004:
Responsable de mise en service pour centrales thermiques, Alstom Power Ltd

Agenda

- Solexis SA
- Dégâts sur les installations solaires PV
- conception robuste contre :
  - foudre
  - neige
  - vent
  - grêle

Solexis….qui sommes-nous?

"Sous un même toit les compétences de l'enveloppe du bâtiment et du solaire"

- **Distribution** – Grosshandel
- **Etude et conception** – Planung
- **Formation** – Ausbildung

- **Gestion de projet**
- **Dépannage et maintenance**

Devenez acteur du solaire

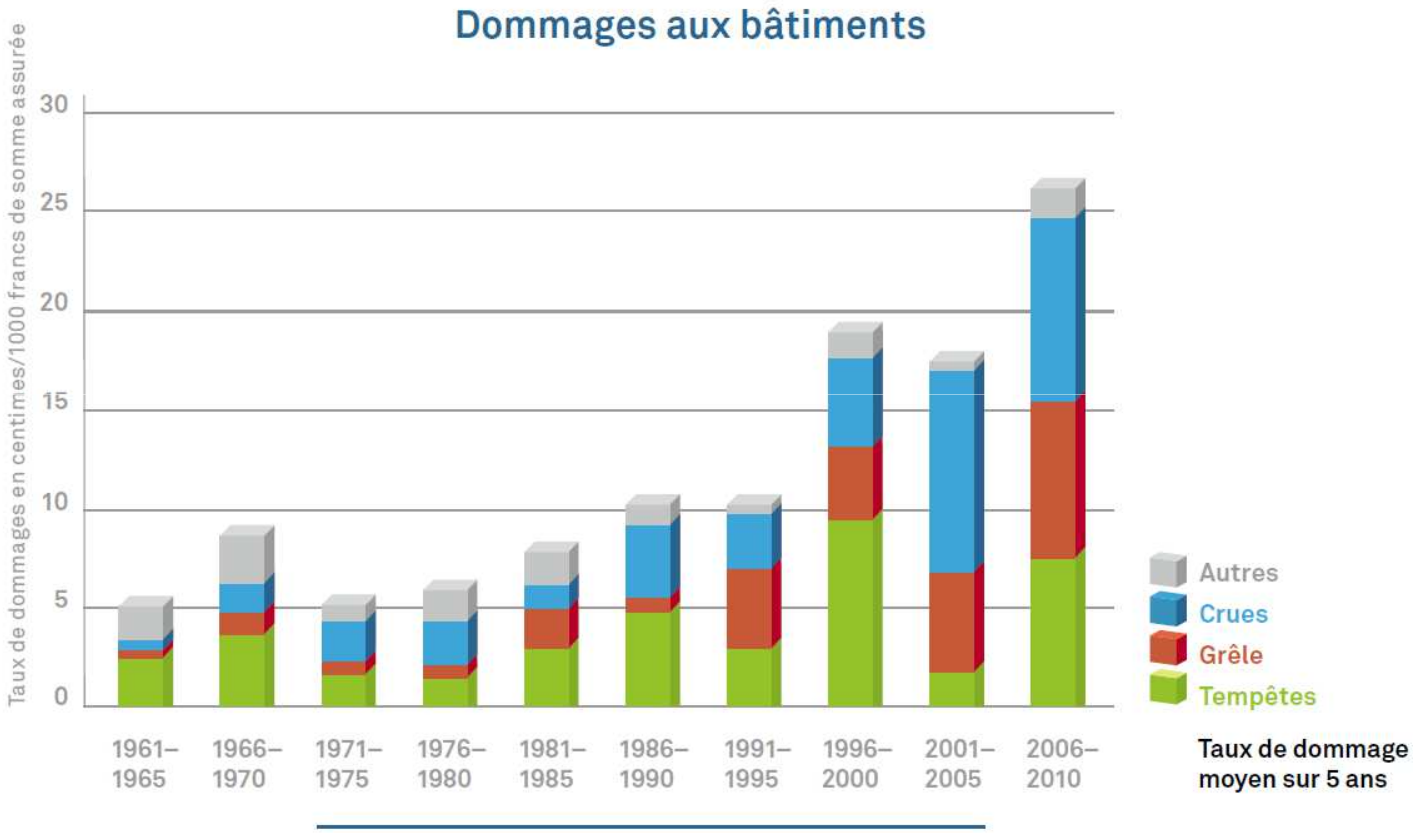
Devenez solarteur!

Membre /partenaire de:

Les pros du solaire
SWISSOLAR
www.swissolar.ch

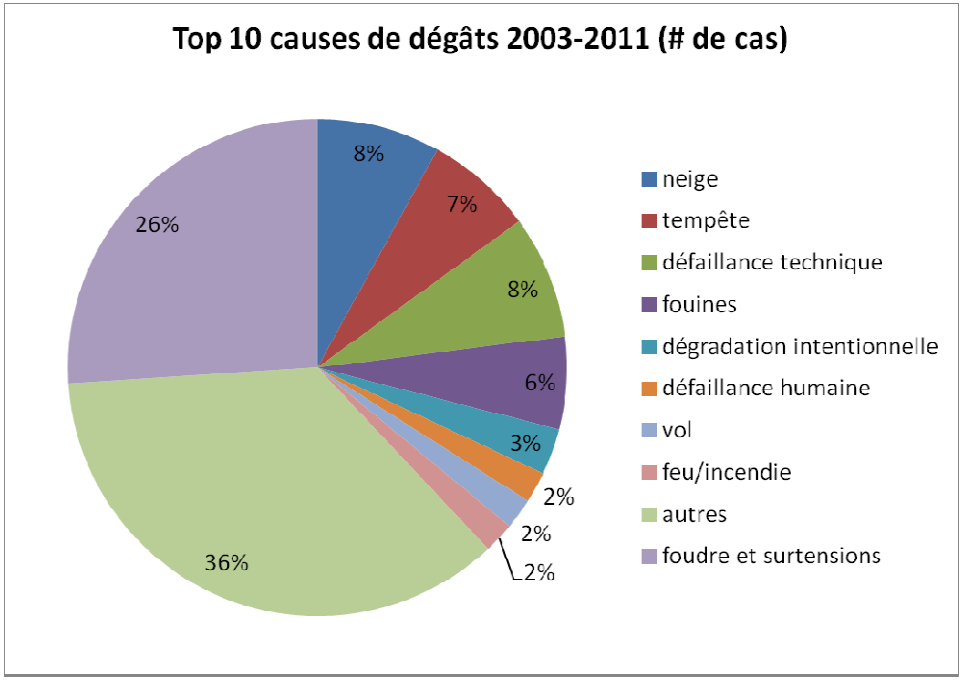
GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ
ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA
VERBAND SCHWEIZER GEBÄUDEHÜLLEN-UNTERNEHMUNGEN

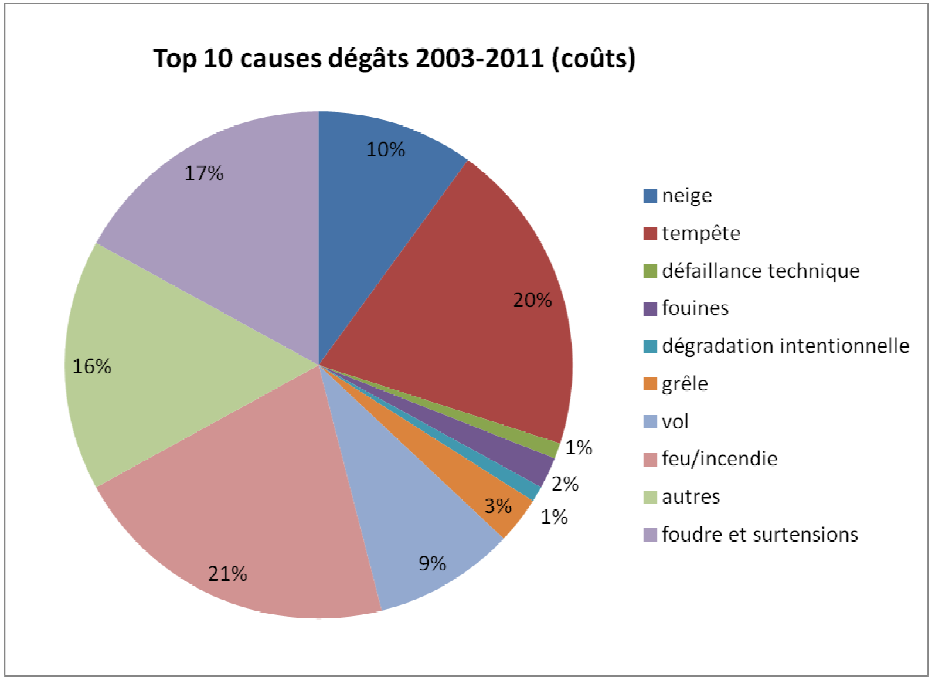
Dégâts naturels en CH



Source: AEAI, prévention risques naturels

Dégâts dans les installations PV





Source: © Mannheimer AG Holding

Dégâts dans les installations PV

Intempéries naturelles: 43% des cas pour 50% des coûts

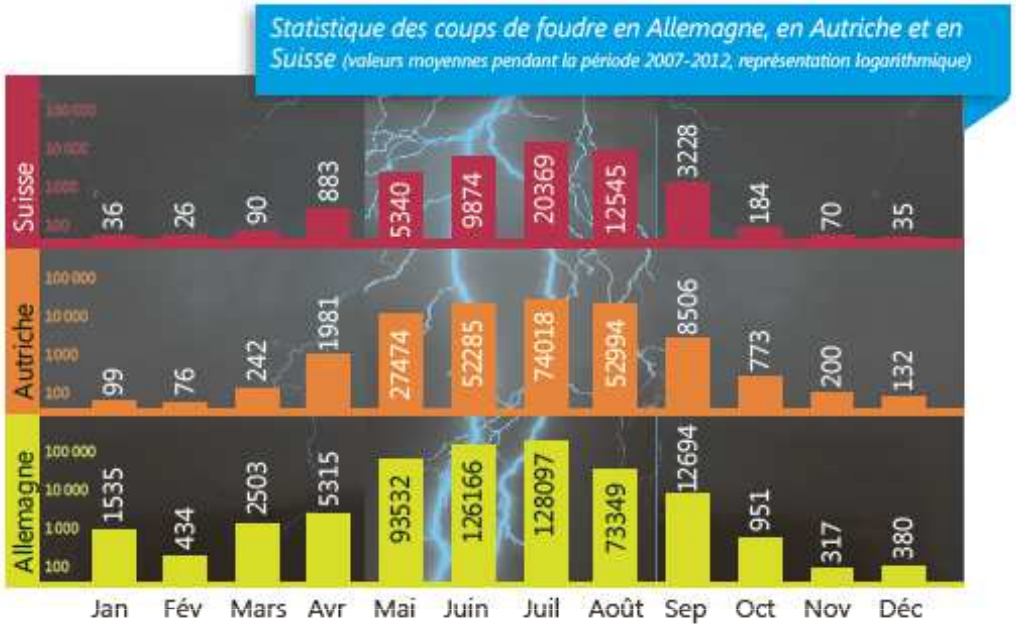
Statistiques (Allemagne 2003-2011)	# cas dégâts	Part des coûts
Foudre/surtensions	26%	17%
Neige	8%	10%
Vent	7%	20%
Grêle	2%	3%

R:\

En Suisse: pas de statistiques connues

Solexis SA – copyrights 2014

Concevoir contre la foudre/les surtensions


Statistique des coups de foudre en Allemagne, en Autriche et en Suisse (valeurs moyennes pendant la période 2007-2012, représentation logarithmique)
Suisse
Autriche
Allemagne
Jan Fév Mars Avr Mai Juin Juil Août Sep Oct Nov Déc
36 26 90 883 5340 9874 20369 12545 3228 184 70 35
99 76 242 1981 27474 52285 74018 52994 8506 773 200 132
1535 434 2503 5315 93532 126166 128097 73349 12694 951 317 380

© Solarzentrum Oberland

Concevoir contre la foudre/les surtensions – les principes

- une installation PV n'attire pas la foudre

- ce n'est pas la présence ou non d'une installation PV qui détermine si un paratonnerre est obligatoire ou non, mais la spécificité du bâtiment et des infrastructures (niveaux de protection et type de protection en fonction du type de bâtiment → SEV4022)

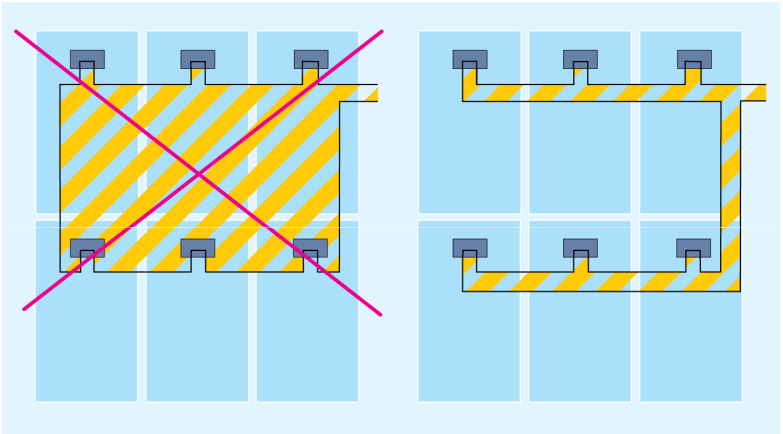
- au-delà de la SEV, c'est au propriétaire, à l'exploitant, à l'assureur de prescrire les mesures de protection pour protéger l'installation PV contre les effets directs/indirects de la foudre (→ ECA, ex. FR, JU, NE, VD para surtenseurs dès 200m2)

- il est toutefois **recommandé** de mettre en œuvre un paratonnerre en cas de mise en œuvre d'une installation PV

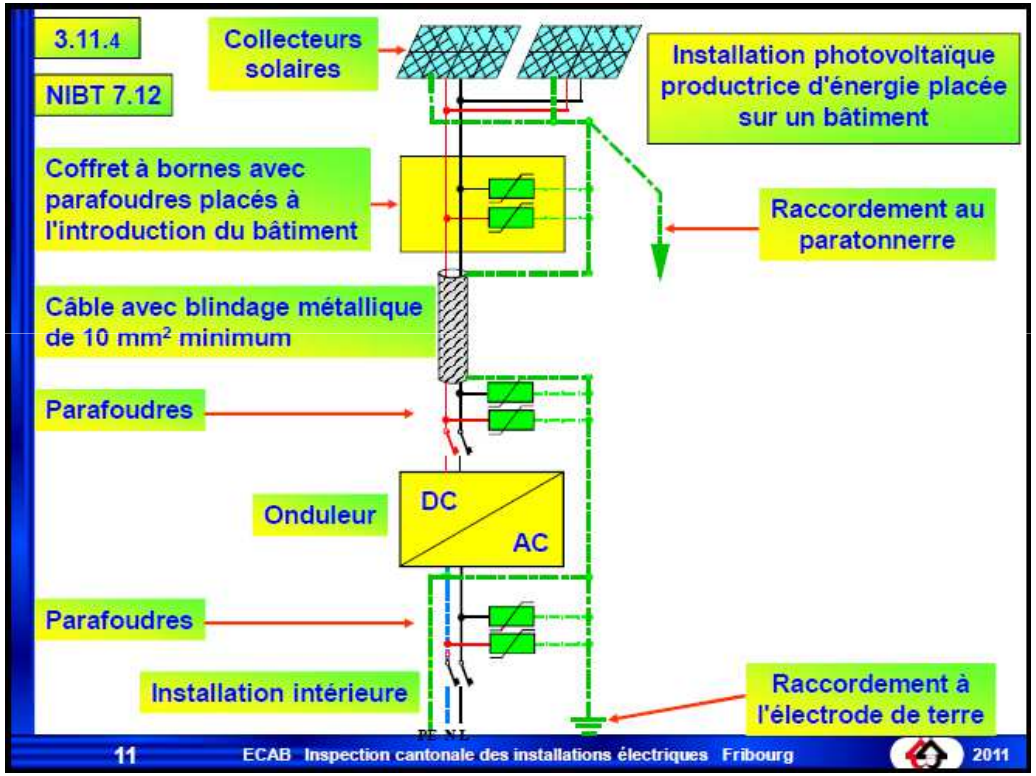
- en cas de présence paratonnerre, l'installation PV doit y être intégrée conformément aux principes de la SEV4022

- contre **les effets indirects** de la foudre → oui, mise en œuvre de parasurtenseurs et principes de câblage pour limiter les surtensions sur les équipements

Concevoir contre la foudre/les surtensions



Éviter les boucles d'induction –
câble positif et négatif toujours au plus près !
Pas uniquement pour les câbles solaires, mais pour tout conducteur !!
→ y compris pour les mises à terre !!



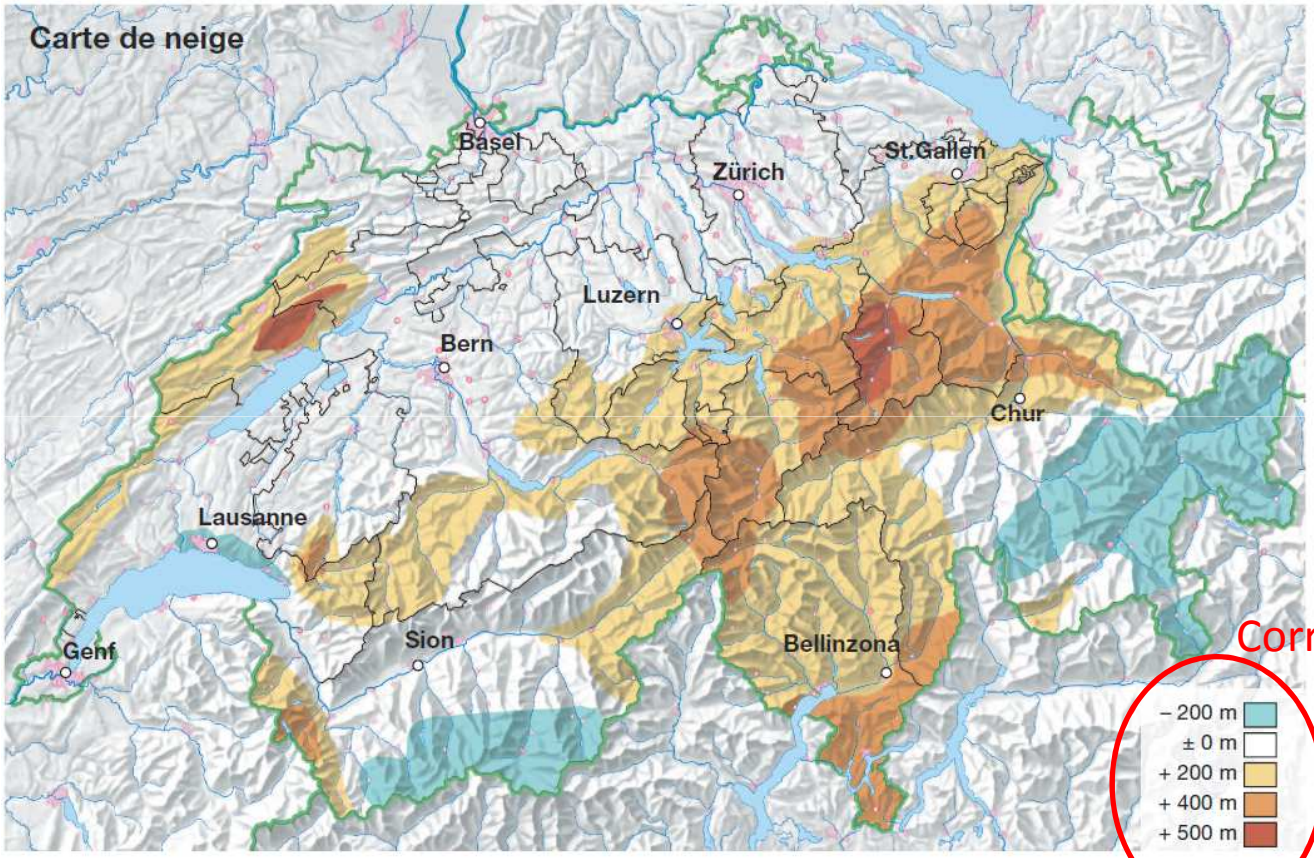
Concept de mise en œuvre de parasurtenseurs /parafoudres

Concevoir contre la foudre/les surtensions

Quelques recommandations:

- les principes fondamentaux « boucle induction » / « concept de protection »
- attention aux corrosions de contacts (ex. Alu-Cu)
- mise en œuvre des boitiers et des appareillages de façon facilement accessible
- concept de protection avec un spécialiste
- protection des personnes !

Concevoir de façon solide contre le neige



Correction Altitude

Danger de la charge de neige: hauteur de référence pour la charge de neige. La charge effective d'un bâtiment s'obtient par le modèle de calcul de la norme SIA 261.

Source: SIA 261, Copyright © 2003 by SIA Zurich

Solexis SA – copyrights 2014

Concevoir de façon solide contre le neige

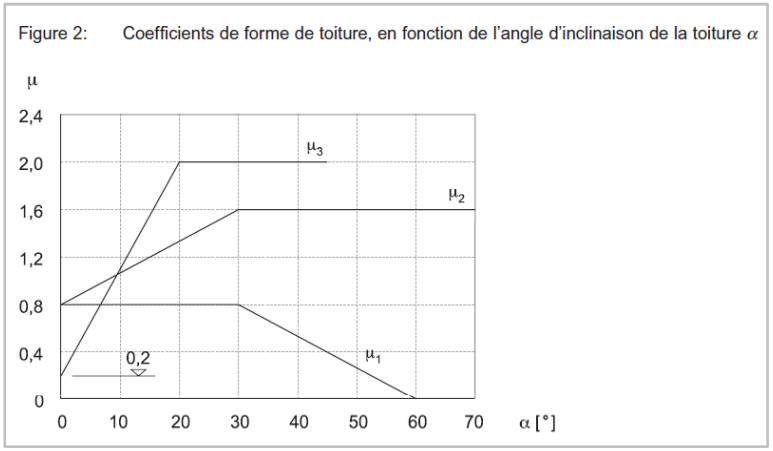
Calcul charge effective selon SIA 261

- altitude de référence pour un site

  (altitude + correction d'altitude)

- type de toit (coeff. de forme-inclinaison)

- exposition au vent et coef. thermique



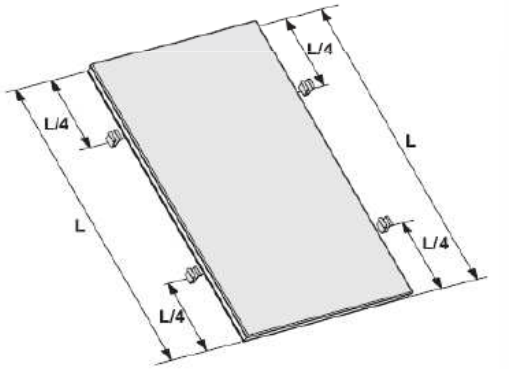
⇒ Valeur de charge à la neige (kN/m2)
Ex. Altitude de référence 1000m, toiture en pente 25°, exposition au vent normale
→ Charge de neige = 3 kN/m2 (300kg/m2, 3'000 Pa) (horizontal: 3.6 KN/m2)

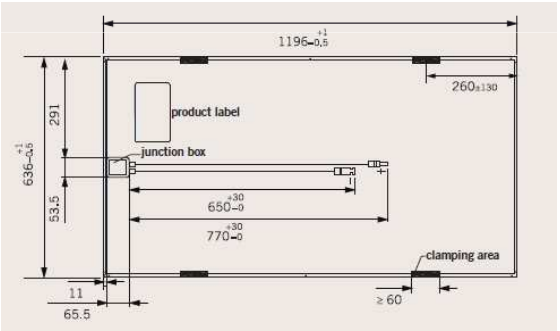
Charge de neige => type de fixation, nbr. de crochets (répartition de charges), mais aussi
→ !!!vérifier les spécifications des panneaux !!!

Concevoir de façon solide contre le neige

1) vérifier les garanties de résistance à la charge (pression) des panneaux (standard: 5400 Pa, on trouve: 7'000 jusqu'à 10'000 Pa)

→ attention, celles-ci sont spécifiques à un mode de fixation !!





Mode de fixation indiqué dans le manuel d'installation du panneau en question

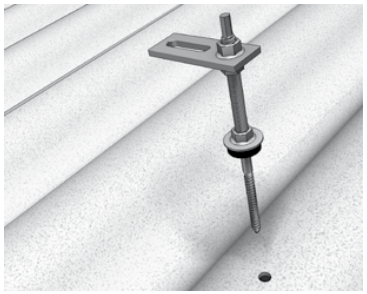
→ déterminer le(s) modes de fixation possibles !

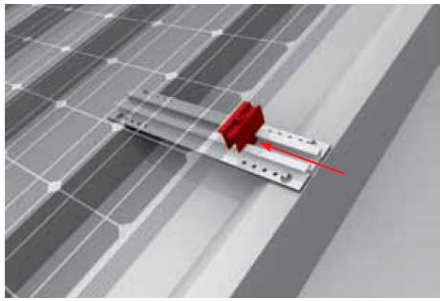
Concevoir de façon solide contre le neige

2) choix du système de fixation: fonction du mode de fixation , du type de couverture et de la sous-construction

3) Validation de la résistance du système de fixation (calculateur du fournisseur) → densité des points de fixations

R:\ le maillon faible du système de fixation est souvent l'élément de jonction entre la sous-construction et le système de fixation (ex. crochets à tuiles, vis à double filetage etc…)





Concevoir de façon solide contre le neige

Quelques recommandations:

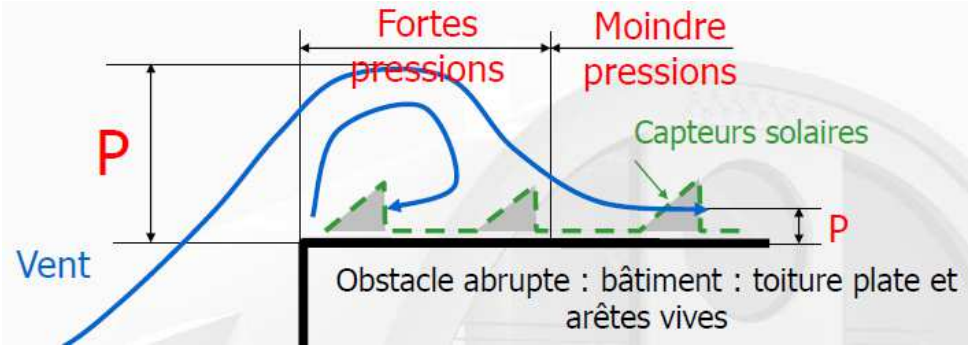
1) Dans tous les cas, installations ajoutées ou intégrées, le **SYSTÈME** (somme des composants) doit résister aux charges de neige !
2) Faites calculer par les personnes compétentes (fournisseur , fabricant, BT) !
3) pérennité de la couverture
4) Attaches et protection des câbles solaires apparent pour éviter l'arrachement
5) Statique de la sous-construction
6) Protection des personnes → arrêts à neige ?? → accumulation → charges plus élevées !
7) Longs rampants = masse de neige très importante en glissement
8) Glissement → arrachement des cadres → modules sans cadres?
9) ATTENTION: les dégâts ne sont pas toujours visible !

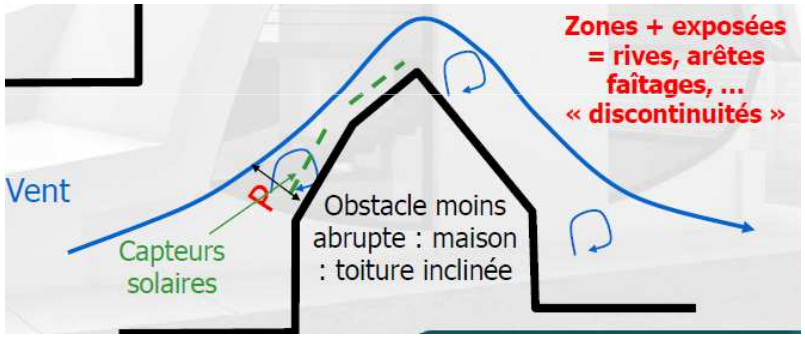
Concevoir de façon solide contre le neige

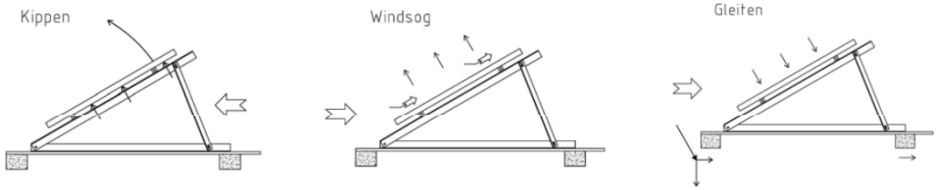
Solexis SA – copyrights 2014

Concevoir de façon résistante au vent

Concevoir de façon résistante au vent




Zones + exposées = rives, arêtes faîtages, ... « discontinuités »
Vent
P
Capteurs solaires
Obstacle moins abrupte : maison : toiture inclinée



⇒ pression → écrasement

⇒ succion (dépression) → arrachement

=> Calcul de ballast pour

Ni basculement !

Ni soulèvement !

Ni glissement !

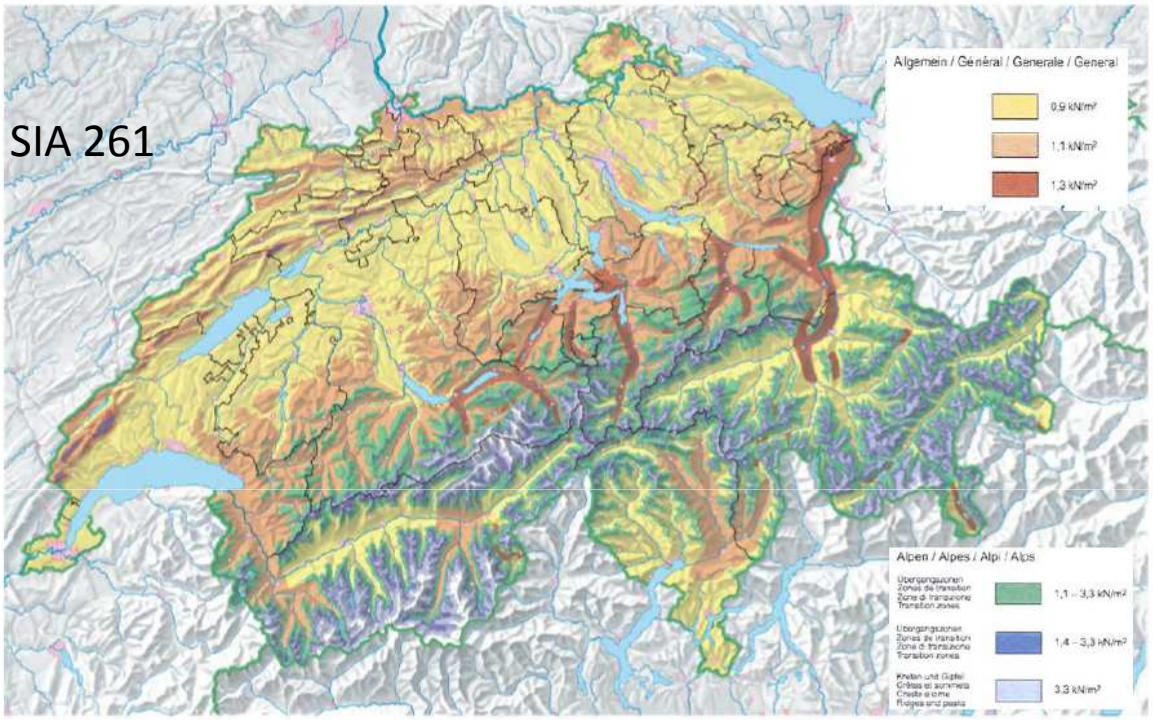
Ballast basculement/glissement >> soulèvement

Concevoir de façon résistante au vent

Calcul pression du vent selon SIA 261

- Zone de vent (vent max)
- Catégorie du terrain
- Hauteur du bâtiment

categories terrain	
II	rive lacustre
Iia	grande plaine
III	localités, milieu rural
IV	zones urbaines étendues



⇒ Valeur de pression dynamique de référence (corrélation pression –vitesse)
http://www.cactus2000.de/fr (convertisseur pression-vitesse vent)
Ex. 0.9 kN/m2 = env. 135 km/h
⇒ sert de valeur de base pour le calcul des forces de succion/pression
⇒ zones de toit !!

Concevoir de façon résistante au vent

1) vérifier les garanties de résistance à l'**aspiration** et à la pression des panneaux (standard: 2'400 Pa en aspiration)

→ attention, celles-ci sont spécifiques à un mode de fixation !!

2) choix du système de fixation: fonction du mode de fixation , du type de couverture et de la sous-construction (spécificité toit plat: système lesté)

3) Validation de la résistance au vent du système= résistance à l'arrachement principalement **(calculateur du fournisseur)** → densité des points de fixations (toit pente) ou répartition des ballast (toit plate) **en fonction de la zone de toit** !

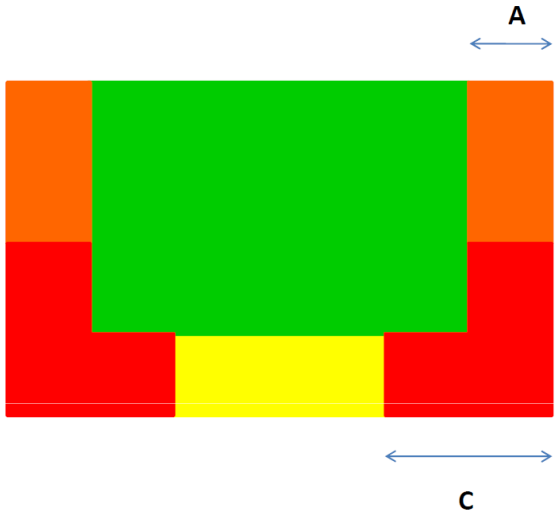
R:\ - le maillon faible du système de fixation est l'élément de jonction entre la sous-construction et le système de fixation (ex. crochets à tuiles, vis à double filetage etc…)

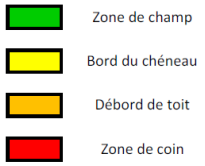
- lorsque l'accroche se fait par la couverture elle-même (ex. tôle métallique), **vérifier les épaisseurs et le type de matériau !!!**

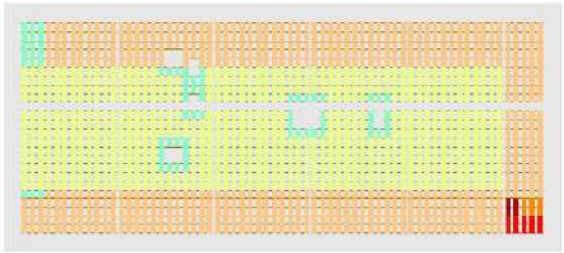
→ arrachement par le vent ! **Nbr. d'élément de jonction par zones!!**

→ **répartition ballast** pour un toit plat

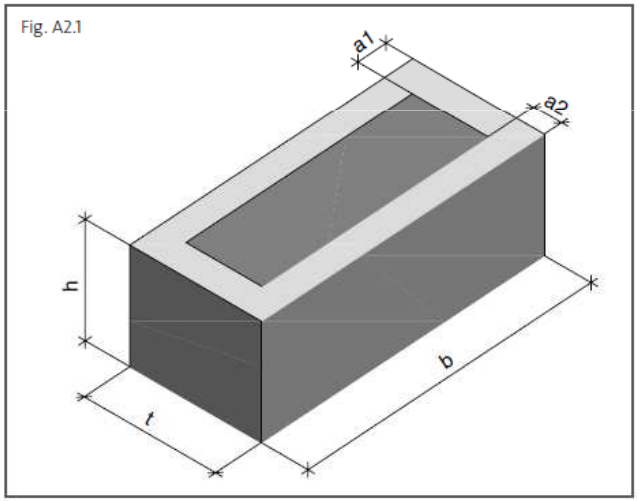
Concevoir de façon résistante au vent







Exemples de zones de toit pour une toiture pente



Distances aux bords recommandées a :

$a_1 \geq 0{,}2 \times h$ $a_2 \geq 0{,}2 \times h$

h Hauteur du bâtiment
b Largeur du bâtiment
t Profondeur du bâtiment

Exemples de zones de toit pour une toiture plate

Se référer toujours aux prescriptions du fabricant et Faire valider les calculs !!

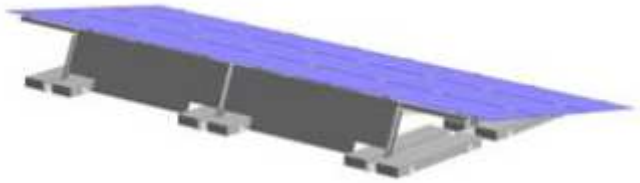
Concevoir de façon résistante au vent

Optimisation du ballast….

→ Réduction des effets du vent

- couplage des rangées →réduit le basculement / soulèvement / glissement
- «coupe vent» → réduit le basculement
- angle et surface au vent → réduit le soulèvement / glissement / basculement
- système Est-Ouest

→ Répartition de la charge ou réutilisation de ballast existant



Concevoir de façon résistante au vent

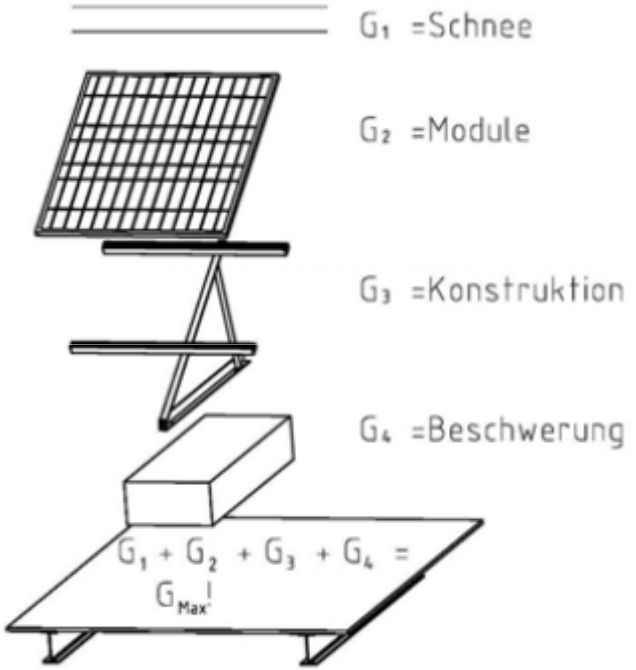
Ballast ….Attention!

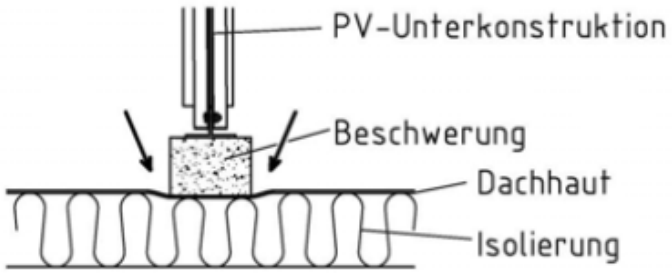
- statique du bâtiment ! CHARGE MAX ADMISSIBLE

  →Charge = toutes charges (ballast, système de montage et NEIGE)

- contraintes mécaniques sur la couverture

  →type de couverture / type de ballast



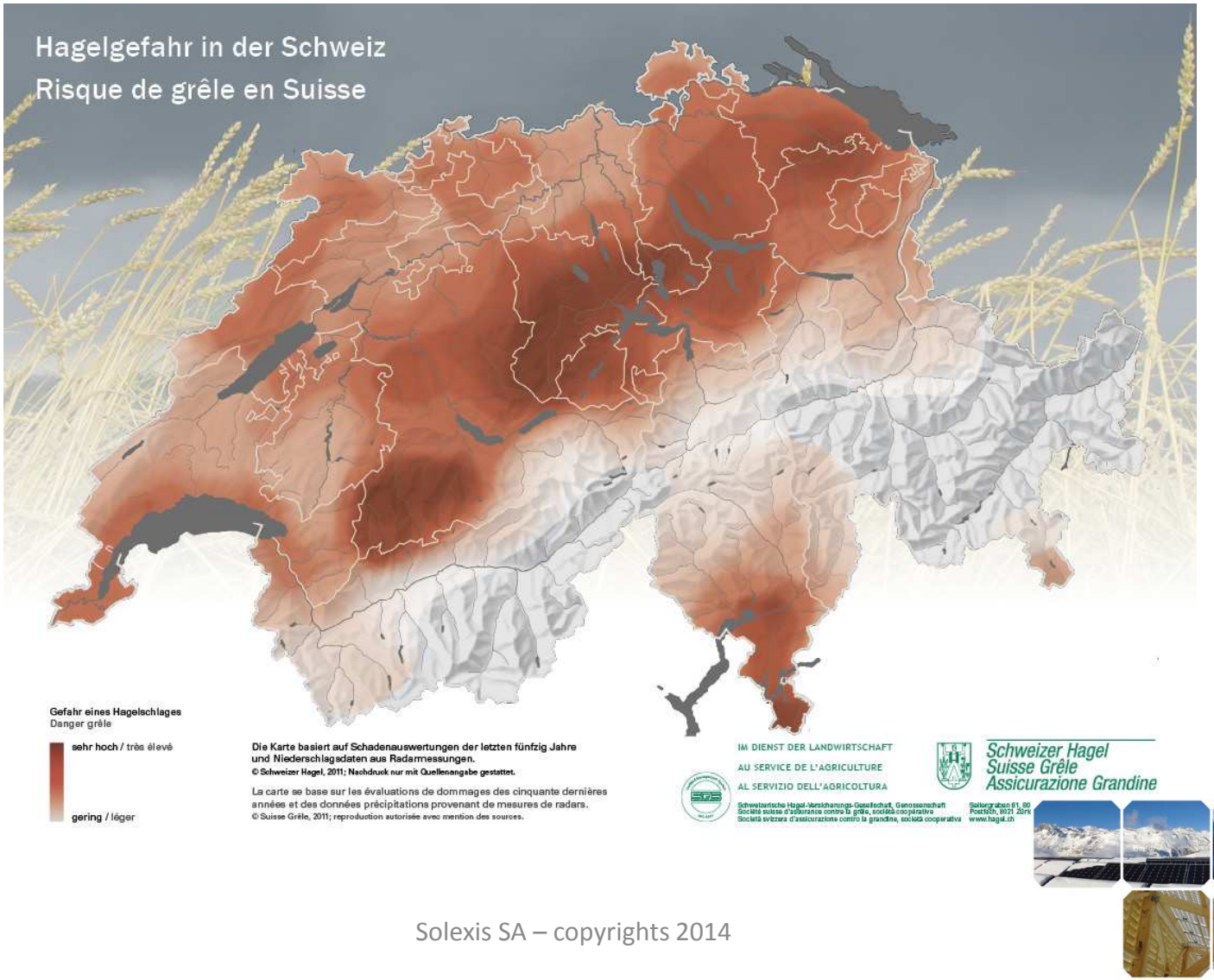


Concevoir de façon résistante au vent

Quelques recommandations:

1) Les calculs doivent être fait (ou validé) par des personnes compétentes et ceci pour tous les cas ! (fabricant, fournisseur ou BT)
2) statique de la sous-construction
3) pérennité de la couverture /sous-couverture

Concevoir de façon résistante à la grêle


Hagelgefahr in der Schweiz
Risque de grêle en Suisse
Gefahr eines Hagelschlages
Danger grêle
sehr hoch / très élevé
gering / léger
Die Karte basiert auf Schadenauswertungen der letzten fünfzig Jahre und Niederschlagsdaten aus Radarmessungen.
© Schweizer Hagel, 2011; Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet.
La carte se base sur les évaluations de dommages des cinquante dernières années et des données précipitations provenant de mesures de radars.
© Suisse Grêle, 2011; reproduction autorisée avec mention des sources.
IM DIENST DER LANDWIRTSCHAFT
AU SERVICE DE L'AGRICULTURE
AL SERVIZIO DELL'AGRICOLTURA
Schweizer Hagel
Suisse Grêle
Assicurazione Grandine

Solexis SA – copyrights 2014

Concevoir de façon résistante à la grêle

La grêle:

1. Difficile à prévoir (ni en intensité, ni en fréquence, ni en localisation)
2. Selon le site géographique , probabilité de grêle avec certains diamètres→ www.hagel.ch / www.meteocom.ch
3. Vérification de la classe RG de votre panneau solaire → www.hagelregister.ch
4. Si certification IEC 61215 et IEC 61646 des panneaux solaires selon normes IEC et verre renforcé 3mm (verre sécurité trempé) → classe RG 3 (décision AEAI n° B

Résistance à la grêle	Diamètre [mm]	Masse [g]	Vitesse [m/s]	Limite de classe [J]
RG 1	10	0.5	13.8	0.04
RG 2	20	3.6	19.5	0.7
RG 3	30	12.3	23.9	3.5
RG 4	40	29.2	27.5	11.1
RG 5	50	56.9	30.8	27.0

Tableau 7.1: Classes 1 à 5 de résistance à la grêle.

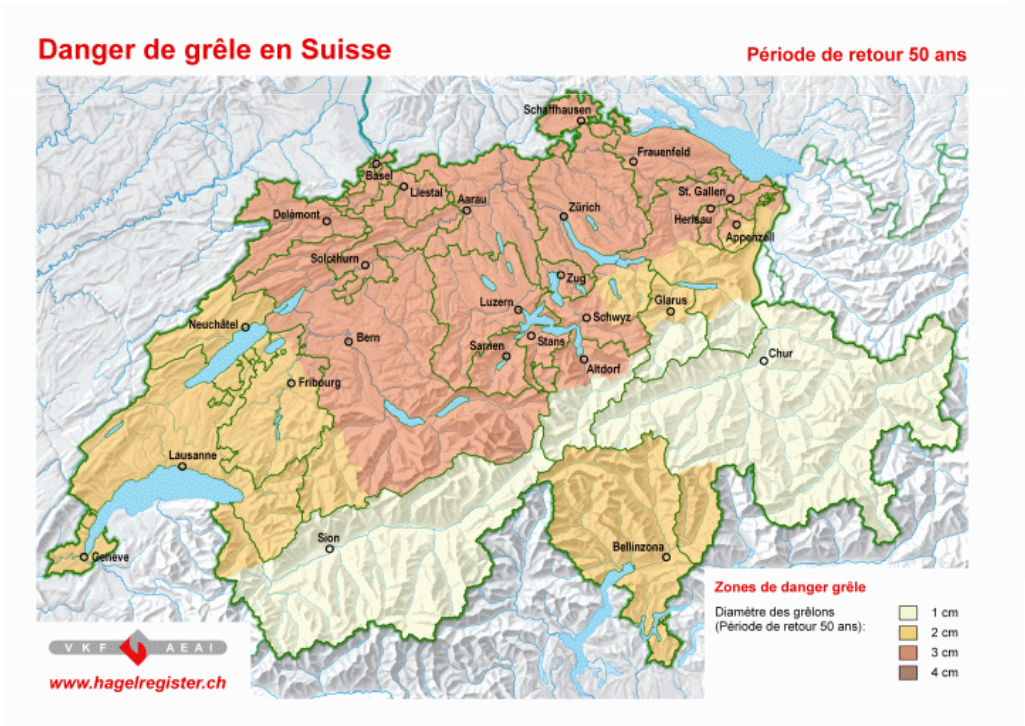
Concevoir de façon résistante à la grêle

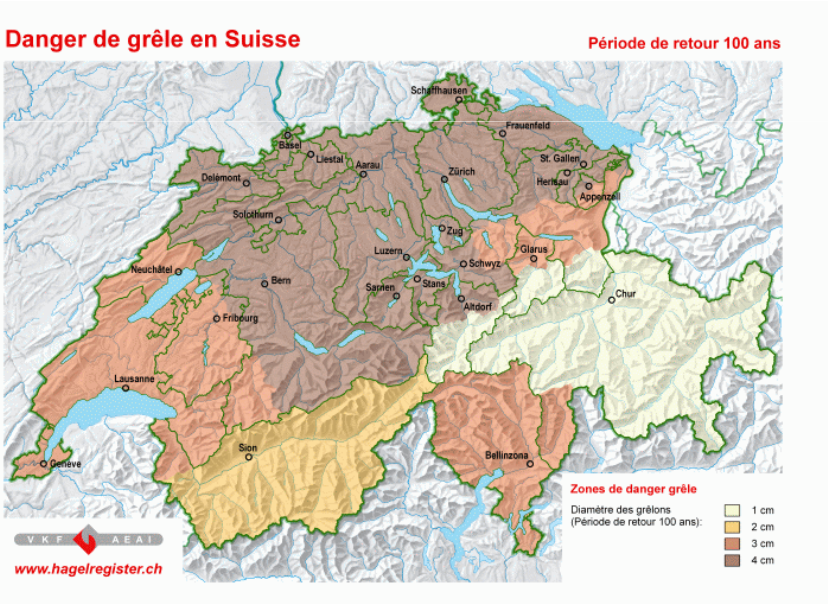
Quelques recommandations:

1) Pour les panneaux: RG3 au minimum (certifications IEC standards)

2) Si dans une zone à risque → chercher un RG4

3) Protection du reste des composants (ex. onduleur)





Liens et références

- www.planat.ch dangers naturels
- www.hagelregister.ch → registre des produits avec résistance grêle
- www.hagel.ch → risque de grêle en suisse
- www.praever.ch , www.vkf.vh → AEAI
- www.sturmarchiv.ch → statistiques/risque orage/foudre
- www.sev.ch → Protection foudre SEV 4022
- NIBT/SEV 1000 (en particulier chap. 7.12 « photovoltaïque »)
- Dimensionnement système de montage:

  - SIA261 (actions sur structures porteuses) → vent, neige

- Document « état de la technique » : www.swissolar.ch